

Docket No.: 50395-133

#2  
51002

PATENT

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Application of :  
Osamu KASUU, et al. :  
Serial No.: : Group Art Unit:  
Filed: February 11, 2002 : Examiner:  
For: METHOD FOR FUSION SPLICING OF OPTICAL FIBERS AND OPTICAL FIBER  
TRANSMISSION LINE

1017 U.S. PTO  
10/068852  
02/11/02

**CLAIM OF PRIORITY AND  
TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT**

Commissioner for Patents  
Washington, DC 20231

Sir:

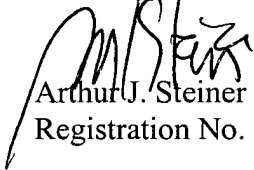
In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119, Applicant hereby claims the priority of:

**Japanese Patent Application Number 2001-048500, Filed February 23, 2001**

cited in the Declaration of the present application. A Certified copy is submitted herewith.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT, WILL & EMERY

  
Arthur J. Steiner  
Registration No. 26,106

600 13<sup>th</sup> Street, N.W.  
Washington, DC 20005-3096  
(202) 756-8000 AJS:kjw  
**Date: February 11, 2002**  
Facsimile: (202) 756-8087

50395-133  
Osami Kasuu  
February 11, 2002

日 本 国 特 許 庁

JAPAN PATENT OFFICE *McDermott, Will & Emery*



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 2月23日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-048500

出 願 人

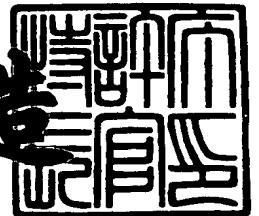
Applicant(s):

住友電気工業株式会社

2001年 9月26日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3088283

【書類名】 特許願

【整理番号】 100Y0411

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 6/255

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会  
社横浜製作所内

    【氏名】 嘉数 修

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会  
社横浜製作所内

    【氏名】 中村 元宣

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会  
社横浜製作所内

    【氏名】 佐野 知己

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会  
社横浜製作所内

    【氏名】 守屋 知己

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会  
社横浜製作所内

    【氏名】 加用 真治

【特許出願人】

    【識別番号】 000002130

    【氏名又は名称】 住友電気工業株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100078813

【弁理士】

【氏名又は名称】 上代 哲司

【選任した代理人】

【識別番号】 100102691

【弁理士】

【氏名又は名称】 中野 稔

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008224

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9909803

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光ファイバの融着接続方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 2 本の光ファイバの端面を突き合わせて融着接続を行う融着接続工程と、該光ファイバの融着接続個所近傍を加熱する加熱処理工程を含む光ファイバの融着接続方法において、該加熱処理工程における加熱装置は光ファイバを挟んで対向する放電電極を有する放電加熱装置からなり、該放電電極による加熱中心位置を、光ファイバの軸方向（Z 軸方向）及び放電電極の対向方向（X 軸方向）双方に垂直な方向（Y 軸方向）と光ファイバの軸方向（Z 軸方向）とで出来る Y-Z 平面内において前記融着接続個所を通して Y 軸及び Z 軸以外の方向に光ファイバに対して相対移動させながら、光ファイバの加熱を行うことを特徴とする光ファイバの融着接続方法。

【請求項 2】 前記加熱中心位置を、光ファイバの軸方向（Z 軸方向）に対して、20 度～45 度の傾き角をもった方向に移動させるとともに、前記加熱中心位置が、前記融着接続個所、及び、光ファイバの軸から 2 mm 以上離れている位置以外にある時は、前記加熱中心位置を前記光ファイバに対して相対移動させながら、光ファイバの加熱を行うことを特徴とする請求項 1 に記載の光ファイバの融着接続方法。

【請求項 3】 前記加熱中心位置を、融着接続個所を通る一本の直線上で移動させることを特徴とする請求項 2 に記載の光ファイバの融着接続方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、2 本の光ファイバの端面を突き合わせて融着接続を行う融着接続工程と、該光ファイバの融着接続個所近傍を加熱する加熱処理工程を含む光ファイバの融着接続方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

モードフィールド径の異なる異種の光ファイバを接続したり、モードフィールド

ド径の小さい光ファイバを融着接続したりする場合、2本の光ファイバの端面を突き合わせて融着接続を行い、その融着接続個所を含めてその両側数mm程度の近傍部分を加熱処理し、光ファイバ中のドーパントを拡散させることによって融着接続個所での不連続性を緩和させて、接続部の接続損失を小さくすることが行われている。

#### 【0003】

##### 【発明が解決しようとする課題】

その加熱処理工程で使用する加熱装置は、通常複数のマイクロバーナ等を光ファイバの長手方向に配置した装置であるが、このような加熱装置は光ファイバの融着接続に使用する放電装置と別に準備しなければならない。そこで、融着接続に使用する放電装置を使って光ファイバを加熱する方法が考えられるが、放電装置によるアーク放電は空気絶縁の破壊が起こるトリガー電流以上の電流を流す必要があって放電電力が大きいため、加熱量の調整を行うことが難しい。

#### 【0004】

また、光ファイバの長手方向に放電加熱の位置を移動させることで光ファイバの長さ当たりの加熱量を小さくすることが考えられるが、光ファイバ上でその移動方向を折り返す個所では、アーク放電の移動が一旦停止するので、過加熱になり易い。また、ドーパントの拡散程度は、融着接続個所で最も大きくし、融着接続個所から離れるに従って徐々に小さくする必要があるが、融着接続個所から離れた個所で移動を折り返すとその折り返し個所でのドーパントの拡散が必要以上に大きくなり過ぎて、光ファイバの損失が逆に悪化し、接続部全体としての接続損失が増加するということが起こる。

#### 【0005】

本発明は、加熱装置として放電装置を使用しながら放電装置の融着接続個所以外の移動折り返し位置において過加熱状態が起こらないようにして接続損失が悪化しないようにした光ファイバの融着接続方法を提供するものである。

#### 【0006】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明にかかる光ファイバの融着接続方法は、2本の光ファイバの端面を突き

合わせて融着接続を行う融着接続工程と、該光ファイバの融着接続個所近傍を加熱する加熱処理工程を含む光ファイバの融着接続方法において、該加熱処理工程における加熱装置は光ファイバを挟んで対向する放電電極を有する放電加熱装置からなり、該放電電極による加熱中心位置を、光ファイバの軸方向（Z軸方向）及び放電電極の対向方向（X軸方向）双方に垂直な方向（Y軸方向）と光ファイバの軸方向（Z軸方向）とで出来るY-Z平面内において前記融着接続個所を通過してY軸及びZ軸以外の方向に光ファイバに対して相対移動させながら、光ファイバの加熱を行うものである。

## 【 0 0 0 7 】

これによって、融着接続個所以外の放電電極の移動折り返し個所では加熱中心位置が光ファイバの位置から遠ざかるため、光ファイバに対する過加熱を避けることが出来る。従って、融着接続個所近傍でのドーパントの拡散を適正に行うことが可能となり、接続損失の小さい光ファイバの融着接続部を得ることが出来る。

## 【 0 0 0 8 】

## 【発明の実施の形態】

図1（A）は放電加熱装置の主要部を示す斜視図であって、図1（B）（C）はそれぞれ加熱中心位置の移動経路の例を説明する説明図である。図1において、1、1'は光ファイバ、2、2'は光ファイバ心線、3は融着接続個所、4は放電電極、5は電極支持台、6は雰囲気ガス放出管、7は光ファイバ把持台、8は電極部移動ステージである。また、放電電極の対向方向をX軸方向とし、光ファイバの軸方向をZ軸方向として、X軸方向及びZ軸方向に対して垂直な方向をY軸方向と定める。

## 【 0 0 0 9 】

光ファイバ1及び1'はそれぞれ石英系ガラスからなり、光ファイバ1、1'上には紫外線硬化型樹脂等からなる被覆が施されて光ファイバ心線2、2'となっている。なお、光ファイバ1と光ファイバ1'とは、モードフィールド径が異なるか、またはモードフィールド径が同じであってもモードフィールド径が小さいために、融着接続しただけでは不連続性が大きく接続損失が大きいので融着接

続後に融着接続個所近傍を加熱してドーパントを拡散させ融着接続個所での不連続性を緩和して接続部の伝送損失を低減する必要があるものである。

#### 【 0 0 1 0 】

このような光ファイバ1と光ファイバ1'を接続するに当たっては、まずそれぞれの光ファイバ心線2及び2'の被覆を除去して光ファイバ1及び1'を露出させ、先端部を鏡面切断して突き合わせ、融着接続装置のアーク放電で光ファイバの突き合わせ部を溶融させて融着接続を行う。

#### 【 0 0 1 1 】

こうして融着接続を行った直後の状態では、光ファイバ1と光ファイバ1'との融着接続個所3においては光ファイバ断面内の屈折率分布が不連続な状態となっている。即ち、モードフィールド径が異なる場合はそれぞれのコア部の中心が一致していてもモードフィールドに段差が生じている。またモードフィールド径が小さい場合はコア部の中心同士を突き合わせることが難しいので、コア部の中心位置がずれていることがある。従って、融着接続を行っただけの段階では接続損失が大きい。例えば、モードフィールド径が約 $12\mu\text{m}$ と比較的大きいシングルモード型光ファイバとモードフィールド径が約 $4\mu\text{m}\sim 5\mu\text{m}$ と比較的小さい分散補償光ファイバを使用して融着接続を行えば、融着接続後の段階での波長 $1.55\mu\text{m}$ における接続損失は約 $1.35\text{dB}$ と大きい。

#### 【 0 0 1 2 】

そこで、光ファイバの融着接続個所3を含めてその近傍部分に対して次に説明する方法で加熱処理を行う。図1(A)に示す通り、放電電極4を支持している電極支持台5は電極部移動ステージ8の上に載っている。また、電極部移動ステージ8はX軸方向（放電電極4の対向方向）、Y軸方向（X軸方向及びZ軸方向に対して垂直な方向）、Z軸方向（光ファイバの軸方向）の3軸駆動装置を備えているので、2つの放電電極4の中間位置即ち加熱中心位置を所望のいずれの方向にも移動させることが可能になっている。Z軸方向移動の駆動装置だけを駆動させれば加熱中心位置を光ファイバの長手方向に移動させることが出来、Z軸方向の駆動とY軸方向の駆動を同時に行えば加熱中心位置をY-Z平面内でいずれの方向にも移動させることが出来る。



## 【 0 0 1 3 】

本発明の光ファイバの接続方法での加熱処理工程においては、このような電極部移動ステージ 8 に載った放電電極 4 を使ってアーク放電を行いながら、次のような経路で加熱中心位置を移動させる。図 1 (B) (C) はそれぞれ、加熱中心位置の移動経路の例を示す正面図であって、図 1 (B) は V 字型に移動する例を、図 1 (C) は直線状に移動する例を示す。まず、図 1 (B) の例では放電電極 4 間でアーク放電を行わしめながら、電極部移動ステージ 8 の Y 軸方向駆動及び Z 軸方向駆動を同時に行って加熱中心位置を点 P → 点 O → 点 Q の順で移動させる。X-Y-Z 座標系で O 座標を (0, 0, 0) とすると、P 座標は (0, y, -z) で Q 座標は (0, y, z) である。なお、点 P → 点 O、点 O → 点 Q の移動方向と光ファイバ方向即ち Z 軸方向とのなす角を  $\theta$  とすると、 $\tan(\theta) = y/z$  の関係を満たす。

## 【 0 0 1 4 】

また、 $\theta$  等の諸元の例を示せば、モードフィールド径が約  $12\ \mu\text{m}$  のシングルモード型光ファイバとモードフィールド径が約  $4\ \mu\text{m} \sim 5\ \mu\text{m}$  の分散補償光ファイバとを融着接続して加熱処理を行う場合、 $\theta$  を 20 度～45 度程度にすれば良い。この様にすることで、モードフィールド径の変化が適切になる。また、アーク放電の 2 つの電極間間隔は約 3 mm 程度であって、アークの中心におけるアークの広がり、直径約 1 mm～2 mm 程度であるので、点 P または点 Q にて加熱中心位置を移動を折り返すことを考慮して、y は 2 mm 以上として点 P または点 Q の位置に加熱中心位置が来たときにはアークが光ファイバにかからないようにすることが望ましい。また、z はモードフィールド径の差に応じて選定し、モードフィールド径の差が大きい場合は z も大き目にする。

## 【 0 0 1 5 】

アーク放電は一定の放電電流を流して行い、放電電極の移動は一定速度で行うが、図 1 (B) の場合、点 O では移動方向を変えるため移動を一旦停止させる。電極部移動ステージ 8 の駆動系に対する制御は図示しない制御装置内のコンピュータによって行っているが、その GPIB (General Purpose Interface Bus) 制御及び駆動系のバックラッシュによって、一旦

停止の前後での移動速度は図 2 に示すような状態を示し、一旦停止に要する時間は減速時間、完全停止時間、加速時間を含めて約 5 8 0 ミリ秒になる。

## 【 0 0 1 6 】

なお、この間は放電電極による加熱が継続されているので、点 O の個所は他の個所に比べて加熱が進む。しかし、点 O の個所は融着接続個所であってモードフィールド径の不連続個所であり最も加熱を必要とする個所であるので、その加熱は不連続緩和に対して良い方に作用する。また、放電中は、放電電極 4 に対して同心状に設けた雰囲気ガス放出管 6 からアルゴンガス等の不活性ガスを噴出させて、加熱装置全体を覆う筐体に設けた排出穴からそれを排出させることによって、加熱個所付近を不活性ガスの雰囲気としてアーク放電による加熱温度を下げて加熱処理作業を行うことが望ましい。

## 【 0 0 1 7 】

図 1 (B) に示す経路で加熱中心位置を移動させながら加熱処理を行うと、融着接続個所 O 以外での折り返し等による停止の個所 P、Q は、光ファイバの位置から遠ざかった個所となるので、光ファイバに対する過加熱という問題は生じない。そして、光ファイバの長手方向に融着接続個所から加熱中心位置が遠ざかるに従い、加熱中心位置と光ファイバとの距離も離れるので、光ファイバの長手方向に融着接続個所から離れるに従って加熱が徐々に弱まり、ドーパントの拡散も少なくなるので、ドーパントの拡散程度を順次変化させることが出来る。

## 【 0 0 1 8 】

また、図 1 (C) の例では、放電電極 4 間でアーク放電を行わしめながら、電極部移動ステージ 8 の Y 軸方向駆動及び Z 軸方向駆動を同時に行って加熱中心位置を点 P' → 点 O → 点 Q の順で移動させる。X-Y-Z 座標系で O 座標を (0、0、0) とすると、P' 座標は (0、-y、-z) で Q 座標は (0、y、z) である。なお、点 P' → 点 O、点 O → 点 Q の移動方向と光ファイバ方向即ち Z 軸方向とのなす角を  $\theta$  とすると、 $\tan(\theta) = y/z$  の関係を満たす。

## 【 0 0 1 9 】

この場合も、アーク放電は一定の放電電流を流して行い、電極移動は一定速度で行うが、点 O の位置では図 1 (B) の場合と同様に放電電極の移動を一旦停止

させる。従って、図 1 (C) の場合も、図 1 (B) と全く同様な条件で光ファイバに対して加熱処理を行うことが出来る。なお、図 1 (B) の移動経路は V 字型であるのに対し、図 1 (C) の移動経路は直線状であるので、図 1 (C) の場合はその移動直線方向に電極部移動ステージ 8 の駆動系の駆動軸方向を合わせておけば 1 軸駆動で済ませることが可能で、電極部移動ステージ 8 の構成を簡略化することが出来る。

#### 【 0 0 2 0 】

以上の説明では、融着接続された光ファイバ側を固定し、放電電極側を電極部移動ステージに載せて移動させる方法を説明したが、光ファイバと電極とは相対移動関係にあるので、光ファイバを保持している光ファイバ把持台を移動ステージに載せて光ファイバ側を移動させることにしても良い。また、加熱処理には融着接続に使った放電装置を使用することも出来るが、制御系統が融着接続を行う場合と加熱処理を行う場合で異なるので、融着接続と加熱処理を別の放電装置としても良い。

#### 【 0 0 2 1 】

##### 【実施例】

モードフィールド径が約  $12\ \mu\text{m}$  のシングルモード型光ファイバとモードフィールド径が約  $4\ \mu\text{m} \sim 5\ \mu\text{m}$  の分散補償光ファイバを使って、それら 2 本の光ファイバの端面を互いに突き合わせて融着接続を行い、その後表 1 に示す条件で放電電極を移動させて加熱処理を行った。また、実施例 1、実施例 2 の場合の移動経路は図 1 (B) に示す経路とし、比較例 1 の場合の移動経路は図 3 に示す経路とした。また、移動における一旦停止中でも放電は継続したが、一旦停止に要した時間は減速時間、完全停止時間、加速時間を含めて約 580 ミリ秒であった。また、実施例 1、実施例 2、比較例 1 共に、放電電極 4 間の放電電流は 13 mA とし、加熱処理中は雰囲気ガス放出管 6 からアルゴンガスを流量 300 ミリリットル/分で流して加熱個所の近傍をアルゴンガスの雰囲気とした。

#### 【 0 0 2 2 】

こうして加熱処理を終了した融着接続部について、波長  $1.55\ \mu\text{m}$  における接続損失を測定したところ、表 1 に示す通りであった。また、融着接続後加熱処

理を行う前の接続損失は 1. 3 5 d B であった。また、表 1 において、一回目というのは、移動経路に沿って 1 回だけ放電電極を移動させることによって加熱処理を行った時の接続損失であって、2 回目というのは、表 1 に示した移動経路を折り返して 2 回加熱を行った時の接続損失である。3 回目というのは移動経路を 2 回折り返して加熱を行った時の接続損失である。

【 0 0 2 3 】

【表 1】

		実施例 1	実施例 2	比較例
放電電極の移動条件	Y 軸速度 mm/s	3	3	3
	Z 軸速度 mm/s	3	5	3
	走行パターン	図 1(B)	図 1(B)	図 3
接続損失(dB)	加熱処理前	1.35	1.35	1.35
	一回目	0.20	0.22	2.00
	二回目	0.15	0.17	20 以上
	三回目	0.12	0.14	20 以上

【 0 0 2 4 】

表 1 の実施例 1 及び実施例 2 から分かるように、図 1 ( B ) に示す移動経路で 3 回程度 ( 往復 1 回半 ) の加熱処理を行うことによって、加熱処理前の接続損失が 1. 3 5 d B であったものを、加熱処理によって接続損失を 0. 1 2 d B ~ 0. 1 4 d B 程度に低減させることが出来る。なお、3 回程度の加熱が接続損失の最小化に最適であって、4 回以上の加熱になるとドーパントの拡散が進み過ぎて接続損失は増加に転じる。また、比較例 1 の場合は、1 回の加熱処理で既に接続損失が 2 d B となり過熱処理前より増加しているが、この原因は点 B、点 C の移動折り返し個所での一旦停止によって過加熱となり、ドーパントの拡散が進み過ぎてその個所での損失が増加したためと考えられる。

【 0 0 2 5 】

【発明の効果】

本発明にかかる光ファイバの融着接続方法は、2 本の光ファイバの融着接続を

行う融着接続工程と、該光ファイバの融着接続個所近傍を加熱する加熱処理工程を含む光ファイバの融着接続方法において、該加熱処理工程における加熱装置は放電加熱装置からなり、該放電電極による加熱中心位置を、Y-Z平面内において前記融着接続個所を通してY軸及びZ軸以外の方向に光ファイバに対して相対移動させながら、光ファイバの加熱を行うものである。融着接続個所以外の放電電極の移動折り返し個所では加熱中心位置が光ファイバの位置から遠ざかっているため、光ファイバに対する過加熱を避けることが出来る。またそれによって、ドーパントの拡散を適正に行うことが出来、接続損失の小さい光ファイバの融着接続部を得ることが出来る。

#### 【0026】

また、移動方向を、光ファイバの軸方向（Z軸方向）に対して、20度～45度の傾きをもった方向とし、加熱中心位置が融着接続個所を通過する時点では加熱を続けながら加熱装置の移動を一旦停止させ、かつ融着接続個所以外での一旦停止時の加熱中心位置は光ファイバの軸から2mm以上離すことによって、融着接続個所以外での移動折り返し個所での光ファイバの過加熱を避けることが出来る。また、移動経路を光ファイバの方向に対して傾きを持った直線状とすれば、移動ステージの駆動を1軸駆動とすることが可能で、移動ステージの構成を簡略化することが出来る。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

(A)は本発明にかかる加熱処理工程で使用する放電加熱装置の主要部を示す斜視図であって、(B)(C)はそれぞれ加熱中心位置の移動経路の例を説明する説明図である。

##### 【図2】

一旦停止時の速度状態を説明する図である。

##### 【図3】

比較例1の場合の加熱中心位置の移動経路を示す説明図である。

#### 【符号の説明】

1、1' : 光ファイバ

2、2' : 光ファイバ心線

3 : 融着接続個所

4 : 放電電極

5 : 電極支持台

6 : 雰囲気ガス放出管

7 : 光ファイバ把持台

8 : 電極部移動ステージ

X軸方向 : 放電電極の対向方向

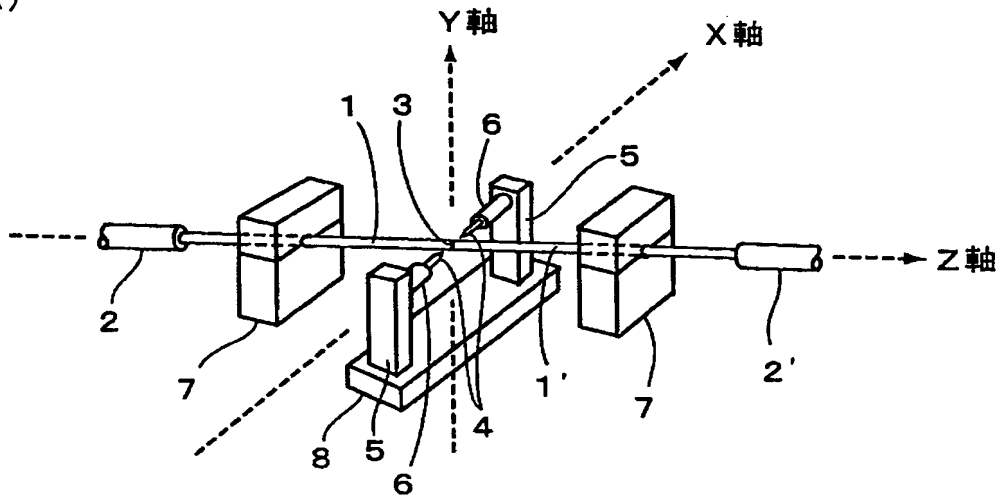
Y軸方向 : X軸方向及びZ軸方向に対して垂直な方向

Z軸方向 : 光ファイバの軸方向

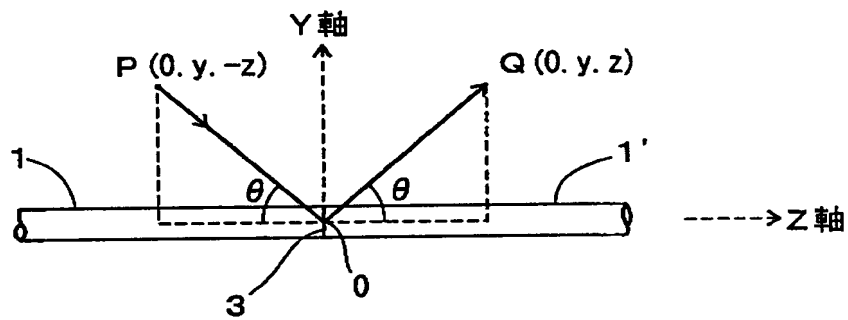
【書類名】 図面

【図 1】

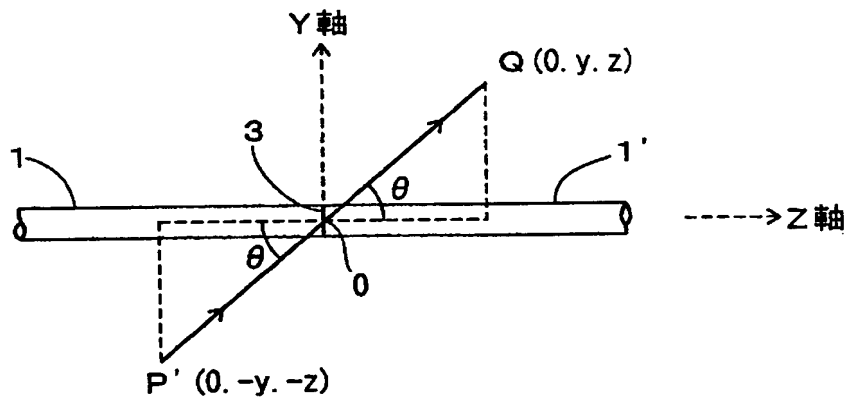
(A)



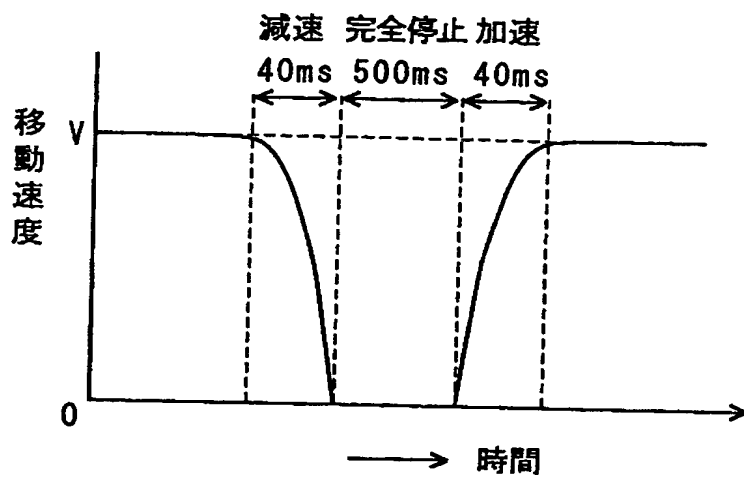
(B)



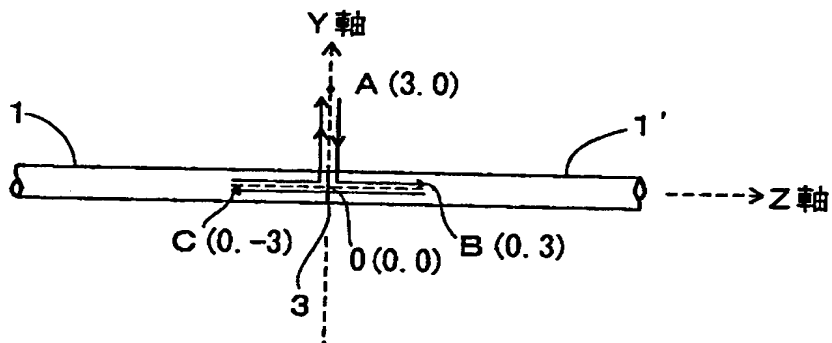
(C)



【図 2】



【図 3】





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 加熱装置の融着接続個所以外の移動折り返し位置において過加熱状態が起こらないようにして接続損失の小さい融着接続部を得る。

【解決手段】 2本の光ファイバ1、1'の端面を突き合わせて融着接続を行う融着接続工程と、該光ファイバの融着接続個所3近傍を加熱する加熱処理工程を含む光ファイバの融着接続方法において、該加熱処理工程における加熱装置は光ファイバを挟んで対向する放電電極4を有する放電加熱装置からなり、該放電電極4による加熱中心位置を、光ファイバの軸方向（Z軸方向）及び放電電極の対向方向（X軸方向）に対する垂線方向（Y軸方向）と光ファイバの軸方向（Z軸方向）とで出来るY-Z平面内において前記融着接続個所3を通してY軸及びZ軸以外の方向に光ファイバ1、1'に対して相対移動させながら、光ファイバ1、1'の加熱を行う。

【選択図】 図1

特 2001-048500

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2001-048500
受付番号	50100256835
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0090
作成日	平成13年 2月26日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成13年 2月23日
-------	-------------

次頁無

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 2 1 3 0 ]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[ 変更理由 ] 新規登録

住 所 大阪府大阪市中央区北浜四丁目 5 番 3 3 号

氏 名 住友電気工業株式会社